

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 3

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А. В. Копыльцов

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«10» февраля 2026 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Исследование перспективных технологий и приложений для терагерцовой фотоники»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	03.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Прикладные математика и физика
Наименование направленности/ специализации	Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии
Форма обучения	очная
Год приема	2026

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.ф.-м.н., доц.  06.02.2026  
(должность, уч. степень, звание) (подпись, дата)

Ю. А. Новикова  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 3  
«10» февраля 2026 г, протокол № 12

Заведующий кафедрой № 3

д.т.н., проф.  10.02.2026  
(уч. степень, звание) (подпись, дата)

А. В. Копыльцов  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института ФПТИ по методической работе

доц., к.т.н., доц.  20.02.2026  
(должность, уч. степень, звание) (подпись, дата)

Н. Ю. Ефремов  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Исследование перспективных технологий и приложений для терагерцовой фотоники» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 03.03.01 «Прикладные математика и физика» направленности/специализации «Прикладная физика и информационные технологии в наноиндустрии». Дисциплина реализуется кафедрой «№3».

Дисциплина не является обязательной при освоении обучающимся образовательной программы и направлена на углубленное формирование следующих компетенций:

ПК-8 «Способен осуществлять поиск новых научно- технических решений для модернизации существующих и внедрения новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с физическими основами терагерцового излучения, методами его генерации и детектирования, а также исследованием взаимодействия ТГц волн с наноматериалами и наноструктурами.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (6 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение обучающимися перспективных применений ТГц фотоники в материаловедении, биомедицине, системах безопасности и сверхбыстрой связи, а также методы ТГц спектроскопии и визуализации для бесконтактного и неразрушающего контроля характеристик полупроводниковых наноструктур и двумерных материалов.

1.2. Дисциплина является факультативной дисциплиной по направлению образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-8 Способен осуществлять поиск новых научно-технических решений для модернизации существующих и внедрения новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур	ПК-8.3.1 знать структуры, физико-химические свойства, конструкции и назначения наноматериалов и наноструктур ПК-8.3.2 знать основные методы измерений параметров наноматериалов и наноструктур ПК-8.У.1 уметь работать на измерительном оборудовании в соответствии с инструкциями по эксплуатации и технической документацией ПК-8.В.1 владеть навыками анализа современного состояния методов и оборудования измерений параметров наноматериалов и наноструктур

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»,
- «Основы оптики»,
- «Прикладная оптика»,
- «Физические основы нанотехнологий»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Физика лазеров»,
- «Квантовая оптика микро- и наноструктур»

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№6
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	2/ 72	2/ 72
<b>Из них часов практической подготовки</b>	17	17
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	38	38
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)	Дифф. зач.	Дифф. зач.

## 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий. Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП/КР (час)	СР (час)
Семестр 6					
<b>Раздел 1. Физические основы терагерцового диапазона и его взаимодействие с наноструктурированными материалами</b> Тема 1.1. Терагерцовый диапазон электромагнитного спектра и его особенности Тема 1.2. Электронные и оптические свойства наноматериалов в ТГц диапазоне Тема 1.3. Распространение ТГц волн в средах и влияние влажности	5	5			12
<b>Раздел 2. Генерация, детектирование и спектроскопия терагерцового излучения</b> Тема 2.1. Современные источники ТГц излучения на основе наноструктур Тема 2.2. Приемники и детекторы ТГц диапазона Тема 2.3. Метод терагерцовой спектроскопии с временным разрешением (ТГц-TDS)	6	6			13

<b>Раздел 3. Перспективные приложения терагерцовой фотоники в наноиндустрии</b> Тема 3.1. Методы ТГц визуализации, интроскопии и контроля качества наноматериалов Тема 3.2. Биомедицинские приложения и спектроскопия биомолекул Тема 3.3. Нанофотоника ТГц диапазона: метаматериалы, плазмоника и связь 6G	6	6			13
Итого в семестре:	17	17			38
Итого	17	17	0	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p><b>Раздел 1. Физические основы терагерцового диапазона и его взаимодействие с наноструктурированными материалами</b></p> <p><i>Тема 1.1. Терагерцовый диапазон электромагнитного спектра и его особенности.</i> ТГц диапазон электромагнитного спектра (0.1–10 ТГц). Положение между ИК и СВЧ диапазонами. Физические свойства ТГц волн: неионизирующий характер, высокая проникающая способность сквозь сухие диэлектрики.</p> <p><i>Тема 1.2. Электронные и оптические свойства наноматериалов в ТГц диапазоне.</i> Оптические свойства полупроводников и наноструктур в ТГц диапазоне. Описание по модели Друде-Лоренца. Особенности отклика графена, углеродных нанотрубок и двумерных электронных газов на ТГц излучение.</p> <p><i>Тема 1.3. Распространение ТГц волн в средах и влияние влажности.</i> Распространение ТГц волн в атмосфере. Резонансные линии поглощения паров воды и методы борьбы с ними (продувка азотом, вакуумирование).</p>
2	<p><b>Раздел 2. Генерация, детектирование и спектроскопия терагерцового излучения</b></p> <p><i>Тема 2.1. Современные источники ТГц излучения на основе наноструктур.</i> Источники ТГц излучения. Генерация на основе фотопроводящих антенн (ФПА) с наноструктурированными металлическими контактами. Квантово-каскадные лазеры (ККЛ) на базе сверхрешеток.</p> <p><i>Тема 2.2. Приемники и детекторы ТГц диапазона.</i> Детектирование ТГц волн. Сверхпроводниковые болометры на горячих электронах (НЭВ). Электрооптическое детектирование в нелинейных кристаллах.</p> <p><i>Тема 2.3. Метод терагерцовой спектроскопии с временным разрешением (ТГц-TDS).</i> Метод спектроскопии ТГц-TDS. Принцип когерентного детектирования. Получение амплитудного и фазового спектров, расчет комплексного показателя преломления без применения соотношений Крамерса-Кронига.</p>

3	<p><b>Раздел 3. Перспективные приложения терагерцовой фотоники в наноиндустрии</b></p> <p><i>Тема 3.1. Методы ТГц визуализации, интроскопии и контроля качества наноматериалов. Принципы ТГц визуализации (imaging). Неразрушающий контроль (NDT) дефектов в нанокompозитах, полимерах и полупроводниковых пластинах.</i></p> <p><i>Тема 3.2. Биомедицинские приложения и спектроскопия биомолекул. Биомедицинская фотоника ТГц диапазона. Исследование гидратации биомолекул (ДНК, белки), ТГц онкодиагностика.</i></p> <p><i>Тема 3.3. Нанофотоника ТГц диапазона: метаматериалы, плазмоника и связь 6G. Применение нанотехнологий в ТГц диапазоне. Метаматериалы и метаповерхности для управления фазой и поляризацией волн. ТГц плазмоника. Перспективы систем беспроводной связи сверхвысокой емкости (стандарт 6G).</i></p>
---	---

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6					
1	Расчет проводимости и диэлектрической восприимчивости полупроводниковых наноструктур по модели Друде в ТГц диапазоне частот	Решение ситуационных задач	3		1
2	Анализ потерь при распространении ТГц импульсов в различных волноводах и диэлектрических средах	Решение ситуационных задач	2		1
3	Сравнительный анализ эффективности генерации ТГц излучения на основе фотопроводящих антенн с плазмонными наноструктурами	Решение ситуационных задач	3		2
4	Математическая обработка временных профилей ТГц	Решение ситуационных задач	3		2

	импульсов для извлечения параметров наноразмерных пленок				
5	Оценка пространственного разрешения систем ТГц томографии при визуализации скрытых микродефектов в композитах	Решение ситуационных задач	4		3
6	Проектирование ТГц метаповерхности на основе субволновых резонаторов для частотной фильтрации ТГц пучка	Решение ситуационных задач	2		3
Всего			17		

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

#### 4.5. Выполнение курсового проекта/ курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	14	14
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	10	10
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	14	14
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения  
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в  
п.п. разделов 6-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
53 С12	Курс общей физики: в 3 т.: учебное пособие / И. В. Савельев. - М.: Наука: Физматлит, 1977 - Т. 1: Механика. Молекулярная физика. - 1977. - 432 с.	84
53 Т76	Курс физики: учебное пособие / Т. И. Трофимова. - 13-е изд., стер. - М.: Academia, 2007. - 558 с	94
<a href="https://e.lanbook.com/book/507521">https://e.lanbook.com/book/507521</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Савельев, И. В. Курс физики. В 3 томах. Том 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика: учебное пособие для вузов / И. В. Савельев. - 9-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2026. - 464 с. - ISBN 978-5-507-54344-1.	
<a href="https://e.lanbook.com/book/440198">https://e.lanbook.com/book/440198</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Савельев, И. В. Курс общей физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебник для вузов / И. В. Савельев. - 16-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2025. - 320 с. - ISBN 978-5-507-50503-6.	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=470867">https://znanium.com/catalog/document?id=470867</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Иродов, И. Е. Механика. Основные законы: учебное пособие / И. Е. Иродов. - 17-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2025. - 312 с. - ISBN 978-5-93208-519-6.	
<a href="https://znanium.com/catalog/product/549781">https://znanium.com/catalog/product/549781</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Сивухин, Д. В. Общий курс физики: Учебное пособие для вузов: В 5 томах Том 3: Электричество / Сивухин Д.В., - 6-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 656 с. ISBN 978-5-9221-1643-5.	
<a href="https://znanium.com/catalog/product/944794">https://znanium.com/catalog/product/944794</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Сивухин, Д. В. Общий курс физики: Учебное пособие / Сивухин Д.В., - 3-е изд. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 792 с.: ISBN 5-9221-0228-1.	

<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=470883">https://znanium.com/catalog/document?id=470883</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы: учебное пособие / И. Е. Иродов. - 14-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2025. - 322 с. - ISBN 978-5-93208-520-2.	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=470861">https://znanium.com/catalog/document?id=470861</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы: учебное пособие / И. Е. Иродов. - 9-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2025. - 261 с. - ISBN 978-5-93208-517-2.	
<a href="https://znanium.com/catalog/document?id=476087">https://znanium.com/catalog/document?id=476087</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Иродов, И. Е. Задачи по общей физике: учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. - 17-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2026. - 434 с. - ISBN 978-5-93208-513-4.	
<a href="https://urait.ru/bcode/563653">https://urait.ru/bcode/563653</a> <i>Режим доступа: для авторизованных пользователей.</i>	Сазонов, А. Б. Ядерная физика: учебник для вузов / А. Б. Сазонов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2025. - 320 с. - ISBN 978-5-534-11829-2.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
<a href="https://new-science.ru/category/fizika/">https://new-science.ru/category/fizika/</a>	Интернет-журнал «Новая Наука». Раздел физика
<a href="https://openedu.ru/">https://openedu.ru/</a>	Образовательная платформа «Открытое образование»
<a href="https://fizikaguap.ru/">https://fizikaguap.ru/</a>	Образовательный ресурс кафедры физики ГУАП
<a href="https://lms.guap.ru">https://lms.guap.ru</a>	Система дистанционного обучения ГУАП

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
Не предусмотрено	

#### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории
1	Учебная аудитория для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; набор демонстрационного оборудования.	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-01
2	Учебная аудитория для практических занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: специализированная мебель; лабораторное оборудование: ПЭВМ-19шт., объединённых в локальную вычислительную сеть с выходом в вычислительную сеть ГУАП и Интернет.	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №33-08
3	Учебная аудитория для лабораторных занятий. Оснащение: специализированная мебель; технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории; вакуумная установка УВРИ-2 для напыления различных материалов	196135, г. Санкт-Петербург, ул. Гастелло, д. 15, аудитория №32-07

#### 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов; Тесты; Задачи.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила

использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	Обучающийся: – глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно связывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 90% до 100% тестовых заданий**.
«хорошо» «зачтено»	Обучающийся: – твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 70% до 89% тестовых заданий**.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий. – правильно выполнил от 51% до 69% тестовых заданий**.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	– обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений. – правильно выполнил менее 51% тестовых заданий**.

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
Учебным планом не предусмотрено		

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
-------	---	----------------

1	Опишите физические свойства графена, которые определяют его высокую проводимость и поглощение в терагерцовом диапазоне частот.	ПК-8.3.1
2	Каковы особенности структуры и ТГц отклика полупроводниковых сверхрешеток, используемых в квантово-каскадных лазерах (ККЛ)?	ПК-8.3.1
3	Объясните принцип работы терагерцовой фотопроводящей антенны (ФПА). Какую роль в ее конструкции играют наноструктурированные металлические электроды?	ПК-8.3.1
4	Опишите конструкцию и назначение субволновых резонансных метаматериалов для терагерцового диапазона. Какие наноструктуры используются в качестве их базовых ячеек?	ПК-8.3.1
5	Как изменяются оптические свойства углеродных нанотрубок в терагерцовом диапазоне в зависимости от их хиральности (металлические и полупроводниковые)?	ПК-8.3.1
6	Каковы преимущества использования полупроводниковых нанопроволок по сравнению с объемными материалами для генерации ТГц излучения?	ПК-8.3.1
7	Сформулируйте влияние дефектов кристаллической решетки в наноразмерных полупроводниковых пленках на время жизни неравновесных носителей заряда и эффективность ТГц излучения.	ПК-8.3.1
8	Опишите особенности взаимодействия ТГц волн с двумерными переходными металлами (TMDs) и полупроводниковыми квантовыми точками.	ПК-8.3.1
9	Сформулируйте физический принцип метода терагерцовой спектроскопии с временным разрешением (ТГц-TDS). Почему данный метод позволяет измерять параметры наноструктур без использования соотношений Крамерса-Кронига?	ПК-8.3.2
10	Опишите схему и принцип работы терагерцовой ближнепольной микроскопии (s-SNOM). Как она позволяет преодолевать дифракционный предел при исследовании нанообъектов?	ПК-8.3.2
11	Каким образом метод ТГц спектроскопии «накачка-зондирование» используется для исследования динамики сверхбыстрых носителей заряда в наноматериалах?	ПК-8.3.2
12	Изложите суть метода ТГц эллипсометрии. Для измерения каких параметров тонкопленочных наноструктур он применяется?	ПК-8.3.2
13	Охарактеризуйте метод ТГц визуализации в отражательном и пропускательном режимах. Как определяется глубина обнаружения дефектов в нанокompозитах?	ПК-8.3.2
14	Объясните, как по фазовому сдвигу ТГц импульса в методе ТГц-TDS рассчитывается толщина наноразмерной диэлектрической пленки на полупроводниковой подложке.	ПК-8.3.2
15	Каков метод измерения ТГц проводимости двумерного электронного газа (2DEG) в гетероструктурах без нанесения омических контактов?	ПК-8.3.2
16	Сравните методы ТГц-TDS и классической Фурье-спектроскопии (FTIR) при анализе фононных мод в нанокристаллах. В чем состоят ключевые преимущества ТГц-TDS?	ПК-8.3.2
17	Опишите процедуру юстировки оптического пути фемтосекундного лазера накачки в системе ТГц-TDS для достижения максимальной амплитуды ТГц поля.	ПК-8.У.1
18	Согласно техническому регламенту, перед началом измерений ТГц-TDS необходимо провести продувку оптического тракта сухим азотом. Обоснуйте это требование с физической точки зрения.	ПК-8.У.1

19	Каков алгоритм калибровки и снятия референсного сигнала при измерении спектра пропускания ультратонкой пленки графена на кремниевой подложке?	ПК-8.У.1
20	Опишите правила безопасной работы со сверхпроводниковым болометром на горячих электронах при его охлаждении жидким гелием или в криостате замкнутого цикла.	ПК-8.У.1
21	Сформулируйте последовательность действий при настройке фазочувствительного усилителя для регистрации слабого ТГц сигнала, модулированного оптическим обтюратором.	ПК-8.У.1
22	Каковы особенности работы с линзами и внеосевыми параболическими зеркалами в ТГц диапазоне? Как минимизировать потери на рассеяние и сферические аберрации при фокусировке на наноструктурированный образец?	ПК-8.У.1
23	Опишите действия оператора при обнаружении теплового дрейфа фемтосекундного лазера, приводящего к искажению временного окна ТГц импульса.	ПК-8.У.1
24	Как правильно выбрать диапазон и шаг сканирования оптической линии задержки ТГц-TDS спектрометра для обеспечения необходимого частотного разрешения при исследовании ТГц метаматериалов?	ПК-8.У.1
25	Проведите критический анализ современных бесконтактных методов измерения проводимости графена. Сопоставьте ТГц-TDS с четырехзондовым методом и микроволновым резонансным методом.	ПК-8.В.1
26	Оцените перспективы применения терагерцовой наноскопии ближнего поля для характеристики полупроводниковых транзисторов с технологическими нормами менее 5 нм.	ПК-8.В.1
27	На основе анализа научной литературы дайте оценку преимуществ использования наноструктурированных плазмонных метаповерхностей для повышения чувствительности ТГц биосенсоров к малым концентрациям белков.	ПК-8.В.1
28	Сравните технические параметры и эффективность импульсных ТГц-TDS систем на основе фемтосекундных лазеров с непрерывными ТГц спектрометрами на основе биений двух диодных лазеров при исследовании наноструктур.	ПК-8.В.1
29	Выполните анализ влияния материала подложки (высокоомный кремний, кварц, сапфир) на погрешность измерения комплексной проводимости нанопленок в терагерцовом диапазоне частот.	ПК-8.В.1
30	Сформулируйте требования к современному оборудованию для ТГц интроскопии дефектов в углепластиковых нанокompозитах, применяемых в аэрокосмической отрасли.	ПК-8.В.1
31	Проанализируйте ограничения современных ТГц систем при исследовании сверхпроводящих нанопленок вблизи критической температуры. Какие параметры криостатов являются определяющими?	ПК-8.В.1
32	Сделайте обоснованный выбор оптимальной конфигурации ТГц спектрометра для исследования динамики экситонов в квантовых точках с пикосекундным временным разрешением.	ПК-8.В.1

Перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для выполнения курсового проекта / курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсового проекта/ курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	<p>Какой диапазон частот условно относится к терагерцовому излучению?</p> <p>1) 300 МГц – 3 ГГц            2) 0,1 ТГц – 10 ТГц            3) 30 ТГц – 300 ТГц            4) 100 ГГц – 300 ГГц</p> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.3.1
2	<p>Какое физическое свойство графена обуславливает его сильный отклик в ТГц диапазоне?</p> <p>1) Сверхвысокая механическая жесткость            2) Наличие широкой запрещенной зоны (1,2 эВ)            3) Полная оптическая прозрачность для любых ТГц волн            4) Высокая подвижность свободных носителей заряда (динамическая проводимость по модели Друде)</p> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.3.1
3	<p>В квантово-каскадных лазерах (ККЛ) ТГц диапазона излучение возникает за счет:</p> <p>1) Межподзонных электронных переходов в полупроводниковых квантовых ямах сверхрешетки            2) Рекомбинации свободных электронов и дырок в объемном полупроводнике            3) Вынужденного рассеяния Манделъштама-Бриллюэна            4) Внутризонного ускорения релятивистских электронов</p> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.3.1
4	<p>Наноматериалы типа ТМД (дихалькогениды переходных металлов) в ТГц диапазоне часто используются для создания:</p> <p>1) Фокусирующих зеркал            2) Оптических кабелей            3) ТГц модуляторов и ультрабыстрых оптоэлектронных переключателей            4) Элементов теплоизоляции криостатов</p> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.3.1
5	<p>Как называется искусственная ТГц структура, состоящая из упорядоченных субволновых резонаторов (наноэлементов), способная контролируемо изменять фазу и поляризацию проходящей волны?</p> <p>1) Фотонный кристалл макроуровня            2) Перестраиваемая ТГц метаповерхность            3) Аморфная полупроводниковая нанопленка            4) Сверхпроводящий болометр на горячих электронах</p> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.3.1

6	<p>Какова основная цель интеграции металлических наноструктур (наноантенн) в область зазора ТГц фотопроводящей антенны (ФПА)?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Увеличение теплоемкости полупроводниковой подложки</li> <li>2) Повышение оптической прозрачности подложки</li> <li>3) Механическое укрепление контактов антенны</li> <li>4) Локальное усиление электрического поля лазерного пучка накачки за счет плазмонного резонанса</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.3.1
7	<p>Какое физическое явление доминирует при взаимодействии ТГц излучения с двумерным электронным газом (2DEG) в полупроводниковых гетероструктурах AlGaAs/GaAs?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Поглощение свободными носителями (Друде-поглощение) и плазмонные резонансы</li> <li>2) Экситонное поглощение в ближнем ИК-диапазоне</li> <li>3) Многофононное поглощение кристаллической решетки</li> <li>4) Рентгеновская дифракция на атомных плоскостях</li> </ol> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.3.1
8	<p>Какое преимущество обеспечивают упорядоченные углеродные нанотрубки (УНТ) при создании ТГц поляризаторов?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Полная изотропия электрических свойств</li> <li>2) Повышенная теплоемкость структуры</li> <li>3) Выраженная анизотропия ТГц проводимости вдоль и поперек оси выравнивания нанотрубок</li> <li>4) Высокое магнитное насыщение материала</li> </ol> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.3.1
9	<p>Какую ТГц величину напрямую измеряет метод спектроскопии с временным разрешением (ТГц-TDS), что позволяет рассчитать диэлектрическую проницаемость наноструктур без соотношений Крамерса-Кронига?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Только интегральную интенсивность прошедшего ТГц пучка</li> <li>2) Временной профиль ТГц электрического поля (амплитуду и фазу)</li> <li>3) Инфракрасный спектр теплового излучения образца</li> <li>4) Энергию теплового шума наноструктуры</li> </ol> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.3.2
10	<p>На каком расстоянии от поверхности исследуемой наноструктуры должен находиться зонд в ТГц ближнепольной микроскопии (s-SNOM) для достижения субволнового пространственного разрешения?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) На расстоянии, равном 10 длинам волн ТГц излучения</li> <li>2) Не менее 1 метра для исключения влияния шумов</li> <li>3) Ровно 100 мкм (стандартное фокусное расстояние)</li> <li>4) В ближнем поле (на субволновом расстоянии, существенно меньшем длины волны ТГц излучения)</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.3.2
11	<p>В методе терагерцовой спектроскопии «накачка-зондирование» импульс оптической накачки фемтосекундного лазера используется для:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Генерации неравновесных носителей заряда (фотовозбуждения) в исследуемом наноматериале</li> <li>2) Нагрева криостата до рабочей температуры</li> <li>3) Изменения направления ТГц поля на противоположное</li> <li>4) Механической фиксации наноматериала на подложке</li> </ol> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.3.2

12	<p>С помощью какого метода измеряется изменение фазового состояния и нелинейный отклик наноструктур под действием мощного ТГц поля?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Рентгеноструктурного анализа и масс-спектрометрии</li> <li>2) Хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения</li> <li>3) Нелинейной спектроскопии по схеме «ТГц накачка - ТГц зондирование»</li> <li>4) Оптической микроскопии в проходящем свете</li> </ol> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.3.2
13	<p>Метод терагерцовой эллипсометрии применительно к тонкопленочным наноматериалам позволяет бесконтактно определять:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Химическую формулу полимерного связующего</li> <li>2) Толщину, комплексный показатель преломления и проводимость нанопленок</li> <li>3) Массу осажденных на подложку нанокристаллов</li> <li>4) Температуру фазового перехода кристаллической подложки</li> </ol> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.3.2
14	<p>Какая основная характеристика фотопроводящей антенны (ФПА) как ТГц детектора исследуется при её аттестации в ТГц спектроскопических измерениях?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Коэффициент теплового расширения контактов</li> <li>2) Магнитная восприимчивость подложки</li> <li>3) Давление паров гелия внутри корпуса</li> <li>4) Спектральная чувствительность и отношение сигнал/шум в рабочем частотном диапазоне</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.3.2
15	<p>Какой эффект в электрооптическом нелинейном кристалле (например, ZnTe) используется для когерентного детектирования ТГц импульсов?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Линейный электрооптический эффект (эффект Погкельса)</li> <li>2) Квадратичный эффект Керра</li> <li>3) Эффект Фарадея под действием постоянного магнитного поля</li> <li>4) Внешний фотоэффект с выбиванием электронов проводимости</li> </ol> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.3.2
16	<p>При исследовании ТГц спектра поглощения полупроводниковых наночастиц методом ТГц-TDS, что указывает на наличие резонансных оптических фононов в исследуемой наноструктуре?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Монотонный рост пропускания во всем частотном диапазоне</li> <li>2) Полная прозрачность образца на всех ТГц частотах</li> <li>3) Характерные узкие провалы (минимумы) в спектре пропускания ТГц поля</li> <li>4) Рост интенсивности вспомогательного лазера накачки</li> </ol> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.3.2
17	<p>Какое действие является обязательным при подготовке оптического ТГц пути TDS-установки к прецизионным измерениям наноструктур согласно инструкции?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Прогрев лазера накачки до 100°C</li> <li>2) Продувка оптического тракта измерительной камеры сухим азотом или вакуумирование для устранения линий поглощения паров воды</li> <li>3) Обязательное нанесение золотого покрытия на исследуемый образец</li> <li>4) Фокусировка ТГц излучения на детектор без использования зеркал</li> </ol> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.У.1

18	<p>Какое значение имеет правильная работа оптической линии задержки при поиске пика ТГц импульса в установке ТГц-TDS?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Линейная задержка должна быть полностью отключена при записи данных</li> <li>2) Положение линии задержки должно непрерывно и хаотично меняться вручную</li> <li>3) Она определяет геометрический фокус оптического ТГц микроскопа</li> <li>4) Её координата определяет временное перекрытие импульсов ТГц и зондирующего лазерного излучения в кристалле-детекторе</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.У.1
19	<p>При измерении ТГц пропускания двумерного нанослоя дисульфида молибдена (MoS<sub>2</sub>) на подложке из плавленного кварца, какой образец следует использовать в качестве референса?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Чистую подложку из плавленного кварца без нанесенного нанослоя</li> <li>2) Свободное воздушное пространство измерительной камеры</li> <li>3) Идеально отражающее металлическое зеркало</li> <li>4) Черную поглощающую бумагу</li> </ol> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.У.1
20	<p>В соответствии с инструкциями по технике безопасности при юстировке оптического пути ТГц спектрометра с фемтосекундным лазером накачки обязательно использование:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Сварочной защитной маски</li> <li>2) Криогенных перчаток из жидкого азота</li> <li>3) Защитных очков, рассчитанных на длину волны и мощность излучения лазера накачки</li> <li>4) Магнитомягких защитных экранов вокруг детектора</li> </ol> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.У.1
21	<p>При настройке частоты модуляции ТГц пучка с помощью оптического обтюлятора, какую частоту следует устанавливать для достижения оптимального отношения сигнал/шум на lock-in усилителе?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Частоту электрической сети переменного тока (50 Гц)</li> <li>2) Частоту, на которой отсутствуют выраженные акустические и электрические шумы в лаборатории (обычно 1–3 кГц)</li> <li>3) Частоту следования импульсов фемтосекундного лазера (80 МГц)</li> <li>4) Частоту звукового предела человеческого уха (20 кГц)</li> </ol> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.У.1
22	<p>Какое юстировочное действие необходимо выполнить для изменения направления поляризации ТГц излучения, падающего на анизотропный образец ТГц метаповерхности?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Изменить длину волны генерации фемтосекундного лазера накачки</li> <li>2) Выключить ТГц детектор на 5 минут для сброса фазы поляризации</li> <li>3) Повернуть криостат с жидким гелием на 180 градусов</li> <li>4) Использовать прецизионный ТГц поляризатор (сетку из нанопроволок) или физически повернуть исследуемый образец в держателе</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.У.1

23	<p>При работе с криогенными приемниками ТГц диапазона (например, болометрами НЕВ) жидкий азот используется для:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Предварительного охлаждения криостата перед заливкой жидкого гелия</li> <li>2) Очистки чувствительной оптической поверхности ТГц линз</li> <li>3) Растворения исследуемых металлических нанопорошков</li> <li>4) Предотвращения обледенения внешних полимерных окон криостата</li> </ol> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.У.1
24	<p>Каким образом осуществляется фокусировка ТГц пучка на исследуемый наноструктурированный образец малого размера (менее 2 мм) для минимизации потерь?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) С помощью стеклянных плосковыпуклых микролинз оптического микроскопа</li> <li>2) С помощью магнитных фокусирующих линз на постоянных неодимовых магнитах</li> <li>3) С помощью внеосевых параболических зеркал с малым фокусным расстоянием</li> <li>4) С помощью дифракционных решеток рентгеновского диапазона</li> </ol> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.У.1
25	<p>Какое современное ТГц оборудование наиболее перспективно для неразрушающего бесконтактного контроля качества и равномерности проводимости графеновых пленок большой площади в условиях промышленного производства?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) ТГц ближнепольные наноскопы (s-SNOM) с атомно-силовой консолью</li> <li>2) Многоканальные ТГц-TDS системы визуализации и сканирования в реальном времени</li> <li>3) Квантово-каскадные ТГц лазеры сверхвысокого разрешения</li> <li>4) Оптические лазерные сканирующие микроскопы видимого диапазона</li> </ol> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.В.1
26	<p>Сравните ТГц-TDS и четырехзондовый метод измерения электрофизических параметров полупроводниковых пластин с нанослоями. Каково главное преимущество ТГц метода?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Значительно более низкая рыночная стоимость ТГц-TDS установки</li> <li>2) Возможность прямого бесконтактного измерения магнитных характеристик образца</li> <li>3) Контролируемый локальный нагрев исследуемого полупроводника во время измерений</li> <li>4) Полностью бесконтактный характер измерений, исключающий механическое повреждение нанослоя зондами</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.В.1

27	<p>В чем состоит основное преимущество использования охлаждаемых жидким гелием сверхпроводниковых ТГц детекторов на горячих электронах (НЕВ) по сравнению с неохлаждаемыми пирозлектрическими детекторами при анализе ТГц спектров поглощения нанообъектов?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Экстремально высокая чувствительность (низкий уровень эквивалентной мощности шума - NEP)</li> <li>2) Возможность эксплуатации прибора в условиях атмосферного давления без вакуумирования</li> <li>3) Значительно меньшие габариты и вес устройства</li> <li>4) Полное отсутствие необходимости в предварительной частотной калибровке</li> </ol> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.В.1
28	<p>При анализе причин погрешности и нестабильности измерений параметров наноструктур методом ТГц-TDS, какой фактор вносит наибольший вклад в долговременный дрейф сигнала?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Магнитное поле Земли и его суточные колебания</li> <li>2) Давление воздуха внутри лабораторного помещения</li> <li>3) Колебания температуры и влажности в оптическом тракте лазера, вызывающие тепловой дрейф оптической задержки</li> <li>4) Интенсивность искусственного светодиодного освещения в лаборатории</li> </ol> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.В.1
29	<p>Какое научно-технологическое направление ТГц нанофотоники признано наиболее перспективным для построения адаптивных беспроводных сетей связи следующего поколения (6G)?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Использование кварцевого оптического волокна для передачи ТГц импульсов</li> <li>2) Применение динамически перестраиваемых ТГц метаповерхностей на основе графена или фазопереходных наноматериалов для интеллектуального управления диаграммой направленности лучей</li> <li>3) ТГц лазерная резка кремниевых подложек на высокой частоте</li> <li>4) Использование вакуумных ламп обратной волны (ЛОВ) для усиления сигнала в приемниках</li> </ol> <p><i>Ключ: 2</i></p>	ПК-8.В.1
30	<p>Какое программное обеспечение и численные методы моделирования признаны отраслевым стандартом для проектирования и верификации характеристик ТГц наноструктурированных метаматериалов перед их изготовлением?</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Обычные текстовые редакторы без математического ядра</li> <li>2) Программы растровой и векторной графики</li> <li>3) Системы статистической обработки данных (SPSS Statistics)</li> <li>4) Системы трехмерного численного электромагнитного моделирования (CST Microwave Studio, COMSOL Multiphysics) на базе метода конечных элементов или метода конечных разностей во временной области (FDTD)</li> </ol> <p><i>Ключ: 4</i></p>	ПК-8.В.1

31	<p>В чем заключается фундаментальное ограничение классического метода пропускания ТГц-TDS при исследовании сверхтонких наноразмерных пленок (толщиной менее 10 нм) без использования резонансных подложек или метаповерхностей?</p> <p>1) Слишком малое фазовое и амплитудное изменение ТГц импульса при прохождении через субмикронный объем вещества</p> <p>2) Необратимое тепловое разрушение нанопленок под действием ТГц электрического поля</p> <p>3) Плавление кремниевой подложки лазером накачки</p> <p>4) Невозможность физической фокусировки ТГц пучка на плоскую поверхность</p> <p><i>Ключ: 1</i></p>	ПК-8.В.1
32	<p>На основе анализа современного состояния развития терагерцовой техники, какой прибор представляет собой наиболее компактный и мощный когерентный источник непрерывного ТГц излучения на частотах выше 2 ТГц?</p> <p>1) Вакуумная лампа обратной волны (ЛОВ)</p> <p>2) Аргонный лазер непрерывного действия</p> <p>3) Полупроводниковый ТГц квантово-каскадный лазер (ККЛ)</p> <p>4) Сверхъяркий светодиод видимого диапазона</p> <p><i>Ключ: 3</i></p>	ПК-8.В.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.

- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходиться к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- лекции в соответствии с темами из табл. 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий.

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Порядок проведения каждого практического занятия разделён на три этапа:

1. Вводная часть, в ходе которой преподаватель обозначает цель работы, актуализирует необходимый теоретический минимум по текущей теме и разбирает алгоритмы решения демонстрационных задач.
2. Основная часть, предполагающая самостоятельное индивидуальное выполнение студентами расчетно-графических заданий и разбор ситуационных задач под методическим руководством преподавателя.
3. Заключительная часть, посвященная обсуждению полученных результатов, разбору типичных ошибок, формулировке выводов и защите выполненных расчетов.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет ему развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий

уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Основной формой текущего контроля успеваемости является защита отчетов по выполненным практическим работам, а также устные опросы в ходе лекционных занятий. Для получения допуска к промежуточной аттестации студенту необходимо успешно выполнить и защитить не менее 75% запланированных практических работ текущего семестра.

В случае невыполнения указанных требований в установленные календарным графиком сроки, студент считается имеющим академическую задолженность и не допускается к промежуточной аттестации по дисциплине. Ликвидация академической задолженности по текущему контролю проводится в установленные кафедрой сроки.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Основанием для допуска к промежуточной аттестации является успешное прохождение текущего контроля успеваемости.

Аттестация может проходить в форме устного опроса по билетам (теоретические вопросы и практические задачи) или в виде компьютерного тестирования. При оценивании учитывается глубина усвоения материала, логика изложения ответа, умение применять теоретические знания для решения практических задач автоматизации эксперимента, а также процент правильных ответов на тестовые задания.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой